

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN**

NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN

Código: AI-1903

Evaluación de cuatro dosis de biofertilizante líquido enriquecido con sales minerales y su efecto en el rendimiento del cultivo de tomate (*L. esculentum*. Centa Cuscatlán), utilizando la técnica de fertirriego.

TÍTULO A OBTENER:

Ingeniero Agrónomo

AUTORES

Nombres, apellidos	Institución y dirección	Teléfono; E-mail	Firma
Br. Katereene Tatiana González del Cid	Urb. Montes de San Bartolo 4 av. B polígono 62 casa 1. San Salvador	75799951 katereenedelcid@gmail.com	
Br. Patricia Judith Vásquez de Ponce	Carretera Troncal del norte, km 9 Cantón San Laureano, caserío los Ponce. San Salvador	61801022 patty-vasquez@hotmail.es	
Br. Karla Beatriz Sánchez Gómez	Santo Tomas km 10 colonia los helechos, calle principal. San Salvador	70342397 karla_3z@hotmail.com	
Ing. Agr. José Mauricio Tejada Asensio	Facultad de Ciencias Agronómicas, departamento de Desarrollo Rural	7633-2415 jose.tejada@ues.edu.sv	
Ing. Agr. Carlos Alberto Aguirre Castro	Facultad de Ciencias Agronómicas, departamento de Desarrollo Rural	7600-4997 carlos.aguirre@ues.edu.sv	

Visto bueno

Coordinador de Procesos de Graduación del Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente.

Ing. Agr. Nelson Bernabé Granados

Firma:

Director General de Procesos de Graduación de la Facultad de Ciencias Agronómicas.

Ing. Agr. Enrique Alonso Alas García

Firma:

Jefe del Departamento.

Ing. Agr. M.Sc. José Mauricio Tejada Asensio

Firma:

Sello:

Ciudad Universitaria, febrero de 2021

Evaluación de cuatro dosis de biofertilizante líquido enriquecido con sales minerales y su efecto en el rendimiento del cultivo de tomate (*L. esculentum*, Centa Cuscatlán), utilizando la técnica de fertirriego.

AUTORES. González-del Cid, KT¹; Vásquez-de Ponce, PJ¹; Sánchez-Gómez, KB¹.

RESUMEN

La investigación se desarrolló, Universidad de El Salvador. Municipio de San Luis Talpa. Departamento de La Paz, de octubre 2019 a marzo de 2020, consistió en evaluar el efecto en el rendimiento del cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum*, Centa Cuscatlán) con 4 dosis de biofertilizante líquido enriquecido con sales minerales T1(1%), T2 (1.5%), T3 (2%), T4 (2.5%) y un testigo 0% mediante la técnica de fertirriego por goteo a campo abierto, en el que se utilizó varas de bambú perforadas interna y externamente, adaptándose a bidones para una distribución en 8 plantas de cada tratamiento. En el experimento se ejecutó un diseño de bloques completamente al azar con 4 tratamientos (dosis= 100ml, 150ml, 200ml, 250ml diluidos en 20 litros de agua y un testigo T0 (0ml) en 5 repeticiones por tratamiento; Las variables evaluadas fueron variable Independiente: dosis de biofertilizante líquido (biol) (supermagro, es un abono líquido producido con fermentación anaeróbica y descomposición de materiales orgánicos como estiércol de animales enriquecido con sales minerales, fue elaborado por MAOES) y un testigo. Variable dependiente: El rendimiento del cultivo de tomate: indicadores; diámetro del tallo, altura y número de flores por planta, número diámetro y peso del fruto por planta. El análisis de resultados se realizó con el software estadístico INFOSTAT en el cual se aplicó un análisis de varianza con una comparación de grupos mediante la prueba de TUKEY y KRUSKAL WALLIS. Prueba de TUKEY, para las variables paramétricas con un comportamiento de normalidad e igualdad y prueba de KRUSKAL WALLIS, para variables no paramétricas con un grado de significancia de 5%. Con el fin de dar conocer la dosis que dio los mejores resultados en cuanto a producción y beneficio económico. Estadísticamente el T2 que correspondió a la dosis de biol concentrado de 150ml diluidos en 20 litro de agua, mostro mayor efecto en los indicadores diámetro de tallo. Número de fruto, diámetro y peso de fruto al $p \leq 0.05$.

Palabras claves: Tomate Cuscatlán, fertirriego, biofertilizante líquido, dosis.

Evaluation of four doses of liquid biofertilizer enriched with mineral salts (dose = 1%, 1.5%, 2.0%, 2.5% diluted in 20 liters of water), and a control 0% ml and its effect on the yield of the tomato crop (*Lycopersicum esculentum*, Centa Cuscatlán), using open field fertigation technique.

AUTHORS. Katereene-González, KG¹; Patricia-Vásquez, PV¹; Karla-Sánchez, KS¹

ABSTRACT

The research was carried out at the Experimental Station of the Faculty of Agronomic Sciences, University of El Salvador. Municipality of San Luis Talpa. Department of La Paz, from October 2019 to March 2020, consisted of evaluating the effect on tomato

Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente, Estudiantes tesis. E-mail: kateenedelcid@gmail.com; patty-vasquez@gmail.com; karla_3z@hotmail.com

² Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente, Docente Director. E-mail: jntejadaes@yahoo.es

³ Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Desarrollo Rural, Docente Director. E-mail: carloaqui3110@gmail.com

(*Lycopersicon esculentum*, Centa Cuscatlán) crop yield with 4 doses of liquid biofertilizer enriched with mineral salts T1(1%), T2 (1. 5%), T3 (2%), T4 (2.5%) and a 0% control using the open field drip fertigation technique, in which internally and externally perforated bamboo sticks were used, adapted to drums for distribution to 8 plants of each treatment. In the experiment, a completely randomized block design was executed with 4 treatments (doses= 100ml, 150ml, 200ml, 250ml diluted in 20 liters of water and a control T0 (0ml) in 5 replications per treatment; The variables evaluated were Independent variable: dose of liquid biofertilizer (biol) (supermagro, is a liquid fertilizer produced with anaerobic fermentation and decomposition of organic materials such as animal manure enriched with mineral salts, it was elaborated by MAOES) and a control. Dependent variable: Tomato crop yield: indicators; stem diameter, height and number of flowers per plant, number diameter and weight of fruit per plant. The analysis of results was carried out with the INFOSAT statistical software in which an analysis of variance was applied with a comparison of groups using the TUKEY and KRUSKAL WALLIS test. TUKEY test, for parametric variables with a normality and equality behavior and KRUSKAL WALLIS test, for non-parametric variables with a significance degree of 5%. In order to determine the dose that gave the best results in terms of production and economic benefit. Statistically, T2, which corresponded to the biol concentrate dose of 150 ml diluted in 20 liters of water, showed the greatest effect on the stem diameter indicators. Number of fruit, diameter and weight of fruit at $p \leq 0.05$.

Key word: Tomato Cuscatlán, fertigation, liquid biofertilizer, dose.

1. INTRODUCCIÓN

La agricultura sostenible es importante para conseguir el bienestar nutricional de las personas, las cuales pueden llevar una vida sana y productiva cuya plena realización depende también de los logros paralelos en el disfrute de los derechos a la salud, educación, trabajo y otros (UES 2008).

Una alternativa es utilizar biofertilizantes y microorganismos eficientes que se encuentra dentro de la biotecnología de la agricultura sostenible (García, 2019), los cuales se producen a base de microorganismos que viven en el suelo, aunque en bajas poblaciones; al incrementar su población mediante la inoculación son capaces de poner a disposición de las plantas una parte importante de los elementos nutritivos que estas necesitan para su desarrollo sin afectar el equilibrio biológico del suelo, conservando los recursos naturales y generar una agricultura y un medio ambiente sostenible (Planes-Leyva et al, 2004).

Según FAO 2015, explica que el crecimiento de la planta depende de un suministro suficiente de cada nutriente mejorando la calidad de las hortalizas, en la investigación se ve reflejada esta afirmación ya que el tratamiento 4 con una dosis mayo. (250ml), presento mejores resultados para la etapa vegetativa en cuanto a crecimiento de biomasa y el tratamiento 2 (150ml) que mostro mayor rendimiento y producción.

Según Agronet. 2009. Todos los macronutrientes son esenciales para la etapa de floración y fructificación, pero principalmente el fosforo juegan un papel muy importante en la etapa de enraizamiento y floración ya que incide sobre la formación y tamaño de flores.

Arshad y Rashid, 1999. Confirmaron en su estudio que el aumento de la producción está relacionado con el favorecimiento de los componentes y nutrientes disponible para la planta, por tanto, el rendimiento de frutos de tomate es condicionado por el número de flores por planta y por el peso individual, probaron que la adición de P (fosforo) puede aumentar el número de flores lo que proporciona el mayor número de frutos por planta.

En esta investigación se presenta una tecnología de producción a los pequeños agricultores a través del fertirriego aplicando el biofertilizante líquido enriquecido con sales minerales, los nutrientes son aplicados en forma más precisas y uniforme; existe un mejor control de dosis de nutrientes, lo cual permitió el incremento de rendimiento y producción, la calidad e inocuidad del producto final.

Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar las cuatro dosis de biofertilizante líquido enriquecido con sales minerales y un testigo, a través de la aplicación por fertirriego, Con la finalidad de dar conocer los mejores resultados en cuanto a producción y beneficio económico para los productores en la siembra del cultivo de tomate de la variedad CENTA CUSCATLAN.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Ubicación

La investigación se realizó en el período comprendido de Octubre 2019 a marzo de 2020, en el lote la granja de las instalaciones de la Estación Experimental y de Practicas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador (UES), ubicada en el Cantón Tecualuya, Municipio de San Luis Talpa, Departamento de la Paz, con coordenadas Latitud Norte 13° 06' y Longitud Oeste 89° 06', a una elevación de 50 metros sobre el nivel del mar (msnm), con precipitación media anual de 1,700 mm, temperatura media anual de 28° C, humedad relativa de 76% y una velocidad del viento de 8 km/h, la clase de suelo Clase IVe, para cultivos anuales y bianuales, clase de suelo regosoles, están constituidos por depósitos de polvo pomicitico blanco de variable espesor sobre una formación de tobas fundidas de bastante dureza. (Martínez *et al.* 2005).

2.2 Condiciones edafoclimáticas de la zona

La experimentación se realizó en un suelo que corresponde al Gran grupo Regosol (Entisol), perteneciente a la serie Apopa ondulado en planicies, cuyos horizontes superiores son francos a franco arenosos finos, de color café grisáceo muy oscuros, estructura débilmente granular y con espesor variando de 15 a 25 cm. Los estratos inferiores son francos, francos arenosos finos de colores café grisáceos claros. La estructura es terronosa a ligeramente granular. A profundidades mayores de 1.5 m., se encuentran gruesos estratos de tobas fundidas, Ph: 5.6, capacidad de campo: 15%, punto de marchitez permanente: 8%, densidad aparente: 1.24 gr/cm³. En resumen, son suelos francos, friables, permeables, ni plásticos ni pegajosos y con moderada capacidad de retener agua. La capacidad de producción es buena.

2.3 Material experimental

La parcela de investigación se delimitó en un área de 20 metros de largo y 12 m de ancho, para un total de 240 m², con un estaquillado de 5 bloques de 6m x 5m, y cada

uno con 5 camas de 0.80cm de ancho y 4m de largo, distanciados a 0.80 cm entre cada una, haciendo un total de 25 camas.

El experimento se estableció con una siembra en surcos con una orientación de Oeste a Este. En cada cama se colocó un sistema de riego artesanal compuesto por un bidón con capacidad de 20 L y varas de bambú de cuatro metros de largo perforada de los entrenudos internamente, y externamente a las que se le hicieron agujeros a una distancia de 40 cm entre cada uno que distribuyó el riego.

La fertilización con fertirriego se realizó una vez por semana, en el cual se utilizó diferentes dosis de un biofertilizante líquido (biol) enriquecido con sales minerales conocido comercialmente como supermagro.

Para elaborar supermagro en un barril de 200 litros de capacidad, se colocaron 25 a 30 libras de estiércol fresco de vaca, 70 litros de agua, 2 litros de leche, y 1 litro de melaza. Se revolvió hasta conseguir una mezcla homogénea, se tapó y se colocó una salida de gases con trampa de agua y dejando en reposo por 3 días a la sombra. (MAOES 2018).

Al cuarto día, se agregó una sal mineral (cuadro 4) y de ahí cada 3 días se hizo de la siguiente manera: En una cubeta plástica agregar 8 litros de agua, 1 litro de leche, 1 litro de melaza y disolviendo los minerales cada 3 días.

Al 7mo día. En un balde pequeño de plástico con un poco de agua tibia se disolvió 1 kilo de Sulfato de Zinc, 200 gramos de roca fosfatada y 100 gramos de ceniza. Se agrego 2 litros de leche o 4 litros de suero y 1 litro de melaza o 2 litros de jugo de caña. Se colocó en el recipiente grande de plástico de 200 litros de capacidad. Revolviendo muy bien, se tapó y se dejó en reposo por 3 días. Así sucesivamente con las demás sales minerales.

Dicho fertilizante se obtuvo a través de la donación de MAOES, se utilizó semillas de tomate (*Lycopersicum Esculentum*) variedad CENTA Cuscatlán (CC). Nombre común Cebaco.

Los tratamientos evaluados fueron cinco dosis de los cuales 4 con biofertilizante líquido supermagro y un testigo, que son: T0 testigo 0ml; T1, dosis de 100ml; T2, dosis de 150ml; T3, dosis de 200ml; T4, dosis de 250ml. Los tratamientos fueron distribuidos de forma aleatoria por cada repetición (cama). En total por área de investigación se obtuvieron 5 bloques (parcelas).

2.4 Herramientas para la instalación del sistema de riego

Se colectaron 25 varas bambú perteneciente a subfamilia *bambusoideae*, con una longitud de 4 metros, con un diámetro promedio externo de 25 mm, y con un diámetro interior promedio de 12.7 mm que sirvieron como laterales del sistema; posteriormente se realizó el curado tradicional se colocaron las varas en un sitio separadas del suelo, en posición vertical a la sombra para reducir el porcentaje de humedad. La perforación interna de las varas para remover los entrenudos; utilizando una varilla de 6 metros con un diámetro de ¼ pulg. adaptándola a un taladro.

Con una cinta métrica se midió y con un plumón se marcó cada 0.40 cm de la parte externa de la vara para perforar; estas se utilizaron como gotero, y como broca se utilizó un clavo de 1 pulg, de longitud adaptado a un taladro, a cada vara se realizaron 10 perforaciones.

Se instaló una cisterna plástica con una capacidad de 1000 litros para dispensar agua hacia los bidones, posteriormente se instaló el sistema de riego utilizando 25 bidones (recipientes) plásticos con chorro, con capacidad de 20 litros, utilizando 30 cm de manguera para unir el chorro con la vara de bambú, de los cuales 5 cm se acoplaron al chorro del bidón que se sujetó con abrazaderas y 5 cm en el otro extremo para lo cual se dilato la manguera y se ensambló en la vara de bambú de 4 m.

Posteriormente se hicieron las pruebas para el funcionamiento de cada uno de los sistemas de riego, realizando un aforo de cada vara, calculando la descarga del agua que se utilizó y del biofertilizante, obteniendo un promedio de 5cc de descarga en 7.5 seg. por cada agujero por cada vara con un tiempo de vaciado total del bidón de 45min.

2.5 Elaboración de semillero

Sé realizó una limpieza y desinfección colocando en agua hirviendo las bandejas de polietileno de 120 alveolos, se utilizó como sustrato 40% de bocashi, 45% de Lombriabono y 15% de tierra, todo colado. Se cubrió con una capa de granza de arroz, posteriormente se hizo el riego de las 4 bandejas con 480 plantines y se colocó en un tapesco cubierto con tela agril negra.

2.5.1 Preparación de suelo

Sé realizó una chapia manual, remoción de suelo para formar las 25 camas, además se hizo una enmienda al suelo incorporándole bocashi; se incorporó 3.62 kg de Bocashi/por metro lineal a cada cama, requiriendo un total de 90.72 kg en el área a utilizar, también se colocó mulch en cada una de las camas para protegerlas de la erosión.

2.5.2 Trasplante de plantines (semillas de tomate CENTA Cuscatlán)

A los 22 días se realizó el trasplante de los plantines de tomate a cada cama; con un distanciamiento entre planta de 0.50 m, un surco por cama, teniendo un total de 8 plantas en 4 metros por cama (repetición); la densidad total por el área de investigación fue de 200 plantas.

Manejo agronómico:

- Riego 2 días antes del trasplante en toda la parcela de investigación.
- Semanalmente control manual de plantas arvenses.
- Control manual de plantas arvenses y manejo de insectos perjudiciales cada semana con repelentes orgánicos.
- Colocación de tutores de 2 metros de alto a los 30 días después del trasplante, tres por cada cama, con un total de 75 tutores por parcela de investigación.
- Podas: fitosanitarias una vez al mes y de formación una vez en el ciclo de planta.
- Revisión constante del sistema de riego para verificar su buen funcionamiento.
- Aplicación ceniza (74gr) dos veces durante el ciclo. La primera en el periodo de crecimiento a los 18 días después del trasplante y la segunda previo a la floración. La aplicación se realizó de forma pulverizada sobre el follaje para disminuir la incidencia del ataque de insectos y como preventivo para la aparición de hongos alrededor del tallo.

- Aplicación foliar de microorganismos de montaña una vez al mes desde el trasplante 250 ml diluidos en un litro de agua aplicando aproximadamente 24cc por planta como medida para un control biológico.
- Aplicación 100 gr de Bocashi por postura alrededor del tallo de cada planta.

Se realizó un monitoreo de insectos perjudiciales al cultivo y de aquellos vectores causantes de enfermedades (cuadro 1) para tomar medidas de acción preventiva como: prácticas culturales, durante el ciclo del cultivo.

Cuadro 1. Repelentes y extractos utilizados para el control de insectos perjudiciales y enfermedades que se presentaron en el cultivo de tomate (*L. esculentum*. CENTA Cuscatlán).

Ubicación	Tipo de enfermedad y ataque de insectos.	Nombre científico	Producto	Dosis y aplicaciones
Follaje	Ácaros blancos	<i>Polyphazotarsonem us latus</i>	Repelente orgánico - Extractos vegetales como el m5	0.75 L/ha dos veces por semana.
Tallo	Mal de talluelo	<i>Fusarium spp</i>	Ceniza	Aplicada en polvo alrededor del tallo de la planta, cada 15 días, 74gr por postura.

2.6 Fertilización del cultivo

En la investigación se emplearon determinados parámetros fisicoquímico de la solución nutritiva: Conductividad eléctrica (CE, $\mu S/cm$) (cuadro 2). Con la finalidad de controlar y monitorear, el sistema de fertirriego.

Cuadro 2 Conductividad eléctrica de la solución nutritiva de cada tratamiento en el cultivo de tomate (*L. esculentum*. CENTA Cuscatlán).

Tratamientos	Conductividad eléctrica
T1	0.96 ms/cm
T2	0.95 ms/cm
T3	1.15 ms/cm
T4	1.32 ms/cm

Los requerimientos nutricionales del cultivo, según una de las alternativas recomendadas por CENTA son: N 260.26 kg/ha, P: 169 kg P_2O_5/ha , K: 110.95 kg K_2O_5/ha , Ca: 37.05 kg/ha.

2.6.1 Composición química nutricional del biofertilizante

Se realizó un análisis previo al biofertilizante en el laboratorio de química agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas (cuadro 3) obteniendo los siguientes datos:

Cuadro 3 Composición nutricional del SUPERMAGRO

Identificación de nutrientes	N	P	K	Na	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe
Cantidad (%)	1.61 %	4.16%	4.39%	3.18%	3.77%	1.87%	2.13%	Menor a 0.2ppm	0.80%
Identificación de muestra	Ph	Conductividad	Solidos totales	Salinidad					

		elétrica	s disueltos	
Cantidad	4.7	24 (S/m)	15.15 g/L	15.80 %

2.6.2 Programa de riego y nutrición

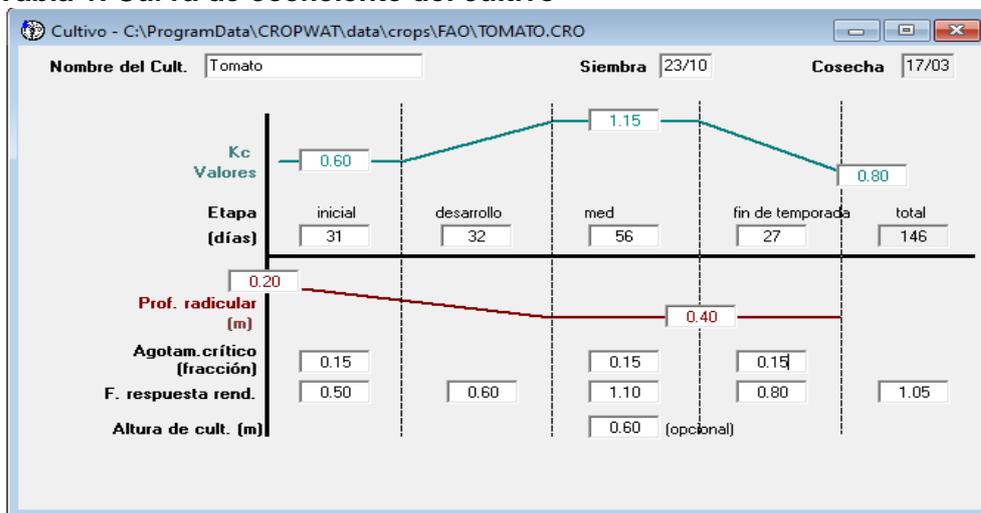
Debido a que no se encontraron estudios de fertirriego con supermagro, se tomó de referencia un estudio con fertilización foliar para determinar el porcentaje de las dosis a utilizar para la investigación, en el cual tomaron desde el 1% al 2.5% de concentración del producto supermagro por bombada con capacidad de 20 litros de agua.

La nutrición de las plantas se efectuó utilizando la técnica de fertirriego; con diferente dosis concentradas del producto (0ml testigo; 100ml, 150ml, 200ml, 250ml) cada dosis diluida en 20 litros de agua; una dosis por cama (repetición) en cada bloque respectivamente se realizaron un total de 12 fertirriegos en 3 meses y medio aplicándolos una vez por semana.

2.6.3 Lámina de agua aplicada en cada riego

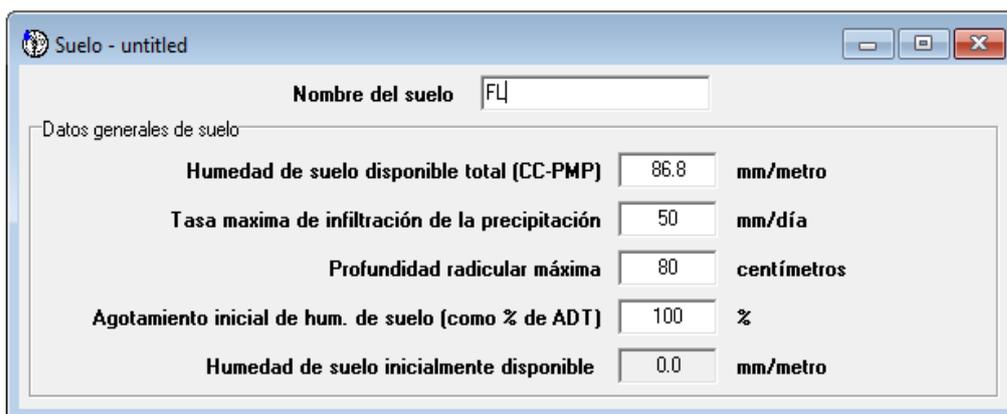
La lámina de agua aplicada durante el inicio del cultivo es de 4.8 mm, 4.9 mm hasta llegar a 5. en la etapa de desarrollo la lámina es de 5.5 mm, 7 mm, llegando a 8.5 mm, en la etapa media del cultivo llego a tenerse una lámina máxima de 10.4 mm, además se tuvo un mínimo de 5.5 mm, en esta etapa hubo fluctuaciones debido a que el cultivo llegaba a su finalización de producción. En la tabla 1 se puede observar las curvas de coeficientes del cultivo.

Tabla 1. Curva de coeficiente del cultivo



En la tabla 2. Se muestran las características y datos generales del suelo para la obtener los cálculos de los requerimientos de agua del cultivo y las necesidades de riego.

Tabla 2 Datos generales del suelo



The screenshot shows a software window titled "Suelo - untitled" with a standard Windows-style title bar. Below the title bar, there is a text input field labeled "Nombre del suelo" containing the text "FL". Below this, a section titled "Datos generales de suelo" contains five rows of data, each with a label, a text input field, and a unit:

Variable	Valor	Unidad
Humedad de suelo disponible total (CC-PMP)	86.8	mm/metro
Tasa maxima de infiltración de la precipitación	50	mm/día
Profundidad radicular máxima	80	centímetros
Agotamiento inicial de hum. de suelo (como % de ADT)	100	%
Humedad de suelo inicialmente disponible	0.0	mm/metro

2.7 Metodología estadística

2.7.1 Diseño estadístico

La investigación fue de tipo experimental, por la generación de la información. El diseño estadístico que se utilizó fue de bloques completos al azar, con un nivel de significancia del 5%. Constituido por 5 tratamientos en 5 bloques distribuidos completamente al azar. Con una prueba estadística de análisis de varianza apoyado con el software estadístico INFOSTAT.

Comparación de grupos mediante la prueba de TUKEY y KRUSKAL WALLIS.

Prueba de TUKEY, para las variables paramétricas con un comportamiento de normalidad e igualdad.

Prueba de KRUSKAL WALLIS, para variables no paramétricas.

2.7.1.1 Variables evaluadas

Variable Independiente: biofertilizante líquido supermagro y un testigo.

Variable Dependiente: El rendimiento del cultivo de tomate, y la parte morfológica.

- **Indicadores de crecimiento**

Altura de planta: Cada ocho días se registraron los datos por cada planta muestreada, y con una cinta métrica se tomaba la altura de la planta en centímetros (cm) desde el nivel del suelo hasta el ápice.

Diámetro de tallo: con el uso del vernier se midieron los diámetros en milímetro (mm) a una altura de diez centímetros desde el nivel del suelo.

Número de flores: se tomó el dato a partir de la cuarta semana después del trasplante, el muestreo se realizó contando el número de flores por cada una de las 4 plantas de cada repetición por cada bloque, se hizo una vez por semana obteniendo un total de 7 muestreos.

2.7.1.2 Indicadores de Producción de la planta

Cosecha

Se realizó cuando el cultivo alcanzó su madurez completa, esta consistió en cortar los frutos, se efectuó a los 28 días después de la aparición de las flores. Posteriormente se categorizó con base al peso y se midieron los diámetros de los tomates producido por cada planta en sus diferentes tratamientos

Indicadores de cosecha

Los indicadores de cosecha se determinaron por la madurez fisiológica y comercial del fruto. En la primera fue cuando el fruto obtuvo color naranja pálido, se volvió más brillantes y grandes. La segunda o comercial se alcanzó 5 días después del corte o cosecha, cuando el fruto en anaquel tomo un color rojizo brillante listo para consumo o comercialización.

Número de frutos. Los datos se tomaron a partir de la cuarta semana después de la aparición de las flores, de acuerdo con el número de tomates que produjo cada una de las 4 plantas de cada repetición en cada bloque. Obteniendo la sumatoria total de frutos producidos por cada tratamiento en una cosecha total de 4 semanas.

Diámetro del fruto. Los datos de cada tomate de las 100 plantas muestreadas de las repeticiones se midieron con el instrumento Vernier (pie de rey) obteniendo datos en milímetros.

Peso del fruto. Se pesaron todos los tomates cosechados por cada una de las plantas muestreada teniendo una sumatoria total de peso en kilogramos por cada tratamiento, con balanza semi-analitica (gramos).

2.8 Metodología económica

Para el análisis económico de los resultados obtenidos en la investigación se aplicó el método propuesto por el centro de mejoramiento de maíz y trigo (CIMMYT), el cual se fundamenta en el análisis de presupuesto parcial, este es una manera del calcular el total de los costos que varían y los beneficios netos por hectárea. El presupuesto parcial incluye los rendimientos medios para cada tratamiento, los rendimientos ajustados y el beneficio bruto de campo. (CIMMYT, 1998)

Para evaluar la relación (beneficio-costos) B/C de cada uno de los tratamientos se determinó los beneficios, dividiendo entre el total de los costos. El precio de venta utilizado fue de acuerdo como el productor lo vende, a \$15 con un peso de 11.37 kg. Obteniendo así la relación beneficio-costos de \$1.08 con el tratamiento 2 (150ml), es decir, que por cada dólar invertido el productor está recuperando \$0.08 ctv.

Si bien es cierto se invierte en la tecnología los resultados tanto productivos como costos y beneficios marcan la diferencia en ganancias obtenidas en tiempos de cosecha

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de los tratamientos aplicados sobre los componentes del rendimiento altura de planta y numero de flores alcanzaron mejor resultado con el T4; sin embargo, el diámetro de tallo, número de frutos por planta y la masa promedio de los frutos alcanzaron el mejor valor con el tratamiento T2 con 7,031 L/ha⁻¹ de biofertilizante aplicado, con diferencias estadísticas significativas de los tratamientos T1, T3 y T4 (Cuadro 4)

En todos los indicadores evaluados en la aplicación del bioabono, las dosis utilizadas superaron al tratamiento testigo.

Cuadro 4. Resultados de los tratamientos aplicados la planta de tomate *L. esculentum*. CENTA CUSCATLAN

Tratamientos	Fase vegetativa	Fase de producción
--------------	-----------------	--------------------

	Altura	Diámetro de tallo	N° de flores	N° de frutos	Peso de fruto	Diámetro de fruto
T0 (0 ml)	72.1	66.3	148.6	32.6	1.46	30.82
T1(100 ml)	71.0	63.6	165.0	34.2	1.62	29.18
T2 (150 ml)	81	69.3	239.4	56.2	2.58	39.94
T3 (200 ml)	84.7	69.1	243.4	55.8	2.56	36.4
T4 (250 ml)	86.3	68.1	302.8	49.6	2.49	36.14

3.1 Altura de planta y diámetro de tallo

En la figura 1 se muestran los promedios de alturas medidas partir del trasplante, en un período de 11 semanas, en la cual se observó que en las primeras cuatro semanas se dio un comportamiento en crecimiento homogéneo entre los cuatro tratamientos, respecto al testigo (T0). A partir de la quinta semana se notó un despegue de los tratamientos T2, T3 y T4, siendo mayor el crecimiento en comparación con los T0 y T1 lo cual indicó que la planta requiere más nutrientes y estos últimos tratamientos no fueron suficientes para suplir la necesidad de la planta la cual entró a la etapa fenológica de floración y necesito prepararse para la fructificación.

Salisbury y Ross, 2000. explican que el leve incremento de la altura en las primeras etapas se debe al predominio de procesos de división celular activa, luego el aumento de tamaño fue drástico y se realizó a una velocidad constante, lo cual se debe a que la elongación celular aumenta, por último, la planta entra en la fase de maduración y el incremento en el crecimiento vuelve a ser lento.

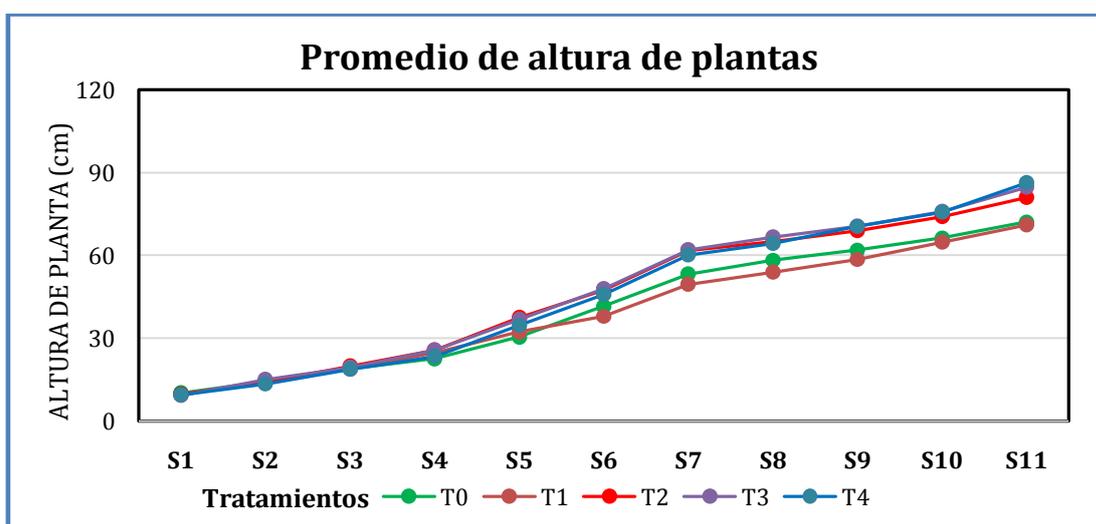


Figura 1 Comportamiento de crecimiento semanal de la planta con cuatro tratamientos y un testigo en tomate (*Lycopersicon esculentum*) variedad Centa Cuscatlán.

Según FAO 2015, explica que el crecimiento de la planta depende de un suministro suficiente de cada nutriente, puede explicarse que a mayor concentración de biofertilizante contiene más nitrógeno, magnesio y potasio, elementos que participan en el crecimiento vegetativo, aumentando la producción de hojas, mejorando la calidad

de las hortalizas, de allí que estos nutrientes deben de ser aplicados para cubrir las necesidades de las plantas para obtener rendimientos satisfactorios.

Para el indicador de altura de la planta con el tratamiento T4 (250ml) estadísticamente se obtuvo un mayor efecto con la aplicación del biol ya que la concentración mayor de fósforo incrementando la biomasa, por tanto, una mejor cantidad de fotosíntesis y transformación de nutrientes para mejorar el rendimiento en flores y frutos.

Además, se tomaron los diámetros promedios totales de los tallos de las plantas por cada tratamiento, en el cual se observó un engrosamiento mayor del tallo con T2 y T3, respecto a T1, Esta diferencia se debió a una limitación para suplir los nutrientes para la planta lo cual disminuyó el engrosamiento del tallo que son necesarias para soportar el peso de los frutos.

Jaramillo et al., 2007, indican que una de las características importante para el desarrollo del tallo son las operaciones culturales de aporque dándole mayor anclaje a la planta. Debido a que el tallo es una de las principales partes de la planta, a medida que se va incrementando su desarrollo, también van desarrollando hojas, tallos secundarios e inflorescencias a mayor desarrollo mayor capacidad de transportar los nutrientes hacia los frutos.

3.2 Comparación entre número de flores y número de frutos producidos por tratamiento

En la figura 2 se presentan la comparación del total de flores y frutos obtenidos por cada tratamiento, en el cual se observó que el número de flores fue mayor en cada tratamiento que el número de frutos. Esta diferencia en número de flores con el T4 se debió a que hubo una mayor concentración del biol, por lo tanto, mayor aporte de nutrientes a las plantas como el fósforo que es esencial para el desarrollo de la floración.

Sin embargo, la diferencia en el rendimiento para el número de frutos fue mayor en el tratamiento T2 (150ml) esto se debió a varios factores, y es que en el T4 a pesar de que hubo mayor número de flores se observó que en las plantas hubo aborto o purga de flores, que se atribuyen a las altas temperaturas o que las flores no fueron polinizadas, el ataque de insectos, picaduras y cortes de fruto en desarrollo.

Según Agronet. 2009. Todos los macronutrientes son esenciales para la etapa de floración y fructificación, pero principalmente el fósforo que juega un papel muy importante en la etapa de enraizamiento y floración ya que incide sobre la formación y tamaño de flores, además existen otros factores como la humedad relativa y las temperaturas altas dificulta la fecundación debido a que el polen se compacta abortando parte de las flores.

Ardila G. 2011, explica que los bajos rendimientos podrían atribuirse a las temperaturas arriba de 30°C, en las etapas de desarrollo vegetativo, floración y fructificación, estas ocasionan una baja producción de rendimiento, reducción de polinización, caída de flores y una fecundación defectuosa en tomate.

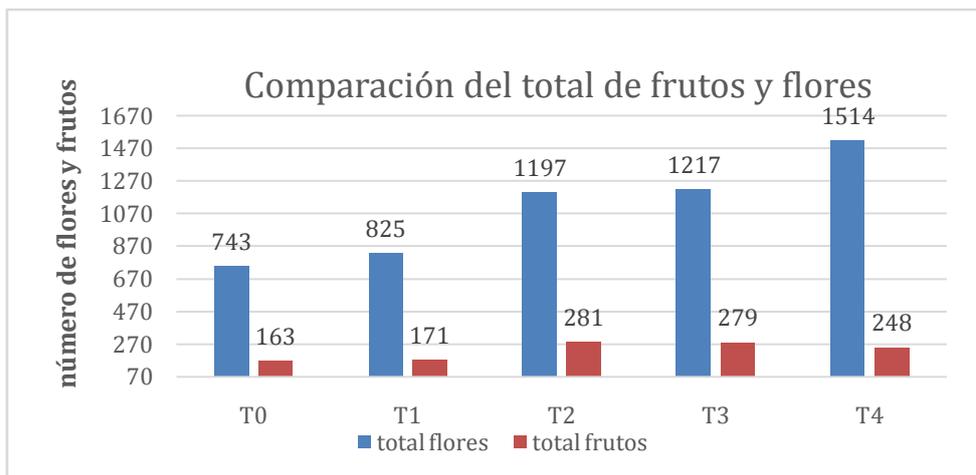


Figura 2 Comparación entre número de flores y frutos obtenidos de la aplicación de cuatro dosis de biofertilizante y un testigo en tomate (*Lycopersicon esculentum*), variedad Centa Cuscatlán.

Se realizó una comparación de la producción promedio obtenida en la investigación la cual fue de 56 frutos promedio por planta en contraste de 50 frutos por planta en los ensayos del CENTA y una comparación entre el peso promedio del fruto en la investigación fue de 60 a 75gr en contraste con la producción promedio de CENTA que fue de 90 a 100 gr.

3.3 Peso y diámetro de fruto

En la figura 3 y 4 se muestra el peso (kg) y el diámetro de promedio de fruto (mm), lo cuales no presentaron diferencia estadísticamente significativa ($p > 0.05$), a excepción con el testigo. Estos datos se obtuvieron a partir de la semana 15 después del trasplante, en un periodo de 4 semanas, sin embargo, aun cuando no existen diferencias los resultados demuestran un dominio favorable del T2 para los indicadores de peso y diámetro de fruto.

Los pesos obtenidos por cada uno de los tratamientos reflejan la importancia de los nutrientes esenciales para el crecimiento del fruto, se puede observar que el T2 tuvo mejor crecimiento en cuanto altura de planta y diámetro de tallo por lo que esto dio un resultado positivo para la obtención de mejores pesos de los frutos.

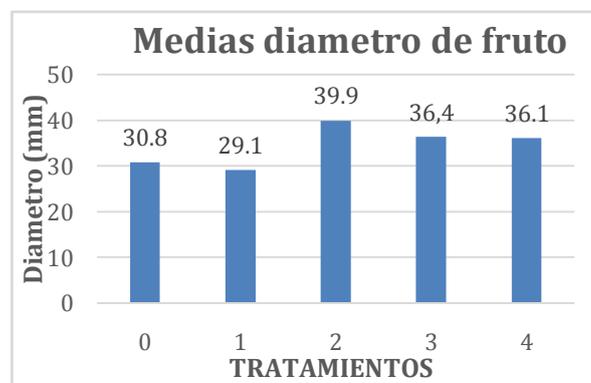
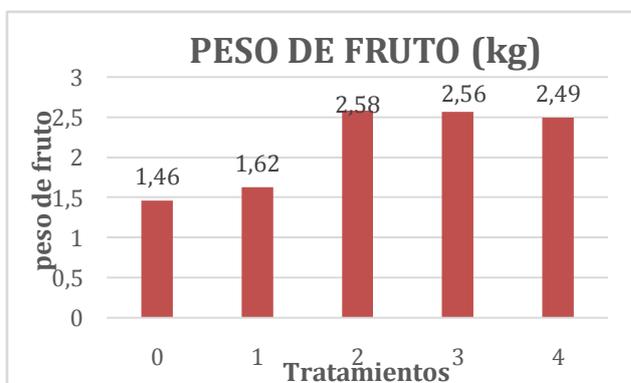


Figura 3 – 4. Efecto de la aplicación de cuatro dosis de biofertilizante y un testigo sobre el peso y diámetro de fruto en tomate (*Lycopersicon esculentum*) variedad Centa Cuscatlán.

La diferencia de los diámetros entre los tratamientos se vio influida por la densidad de tallos que tenía la planta ya que no fueron eliminados algunos chupones lo que hizo variar el tamaño y diámetro de fruto, así como en el desarrollo de la planta.

Es muy importante dirigir la fortaleza de los chupones hacia los tallos principales de las plantas para obtener una buena producción de frutos, sobre todo al principio de su fase vegetativa, para orientar la planta en una dirección generativa fuerte (Jaramillo et al. 2007)

4 CONCLUSIONES

El uso de biofertilizante enriquecido con sales minerales (supermagro) a través de la técnica de fertirriego presentó beneficios para las plantas ya que estas absorbieron de manera directa los nutrientes esenciales para la etapa vegetativa y para las variables de rendimiento del cultivo.

Los indicadores que más reflejaron el efecto de la aplicación de las diferentes dosis de biofertilizante fueron para la altura de la planta el tratamiento T4 (250ml) el cual estadísticamente mostro diferencias significativas ($p \leq 0.05$) con los demás tratamientos debido a que obtuvo un mayor efecto con la aplicación del biol y la concentración mayor de fósforo incrementando la biomasa de la planta.

La aplicación del tratamiento T2 (150 ml de biol) presentó los mejores resultados en los indicadores diámetro de tallo y diámetro de fruto, número y peso de fruto por planta en comparación con los demás tratamientos en cuanto a rendimiento y producción de frutos y en la relación beneficio-costo (B/C) resulto ser más rentable por presentar el menor costo de producción.

En la comparación entre número de flores y número de frutos el T2 (150 ml) tuvo un mayor cuajado de frutos (mayor rendimiento por planta) a pesar de que el número de flores fue menor que en el T4 (250 ml).

5 RECOMENDACIONES

Probar diferentes concentraciones de biofertilizante en suelos con características diferentes a la investigación y con otros cultivos.

Realizar análisis de suelos antes y después de la cosecha para evaluar los efectos residuales ejercidos por el biofertilizante.

Validar el funcionamiento de las varas de bambú como laterales de riego con pruebas, con un diámetro menor del agujero externo (gotero) para llegar a una técnica completa de riego por goteo.

Socializar y validar la alternativa de producción agroecológica a los pequeños productores a través de escuelas de campo implementando las nuevas tecnologías presentadas en esta investigación.

Al utilizar semilla de la variedad CENTA Cuscatlán obtenerlas de la misma producción, cosechando los mejores frutos para poder autoabastecerse de semilla y generar un ahorro económico.

6 BIBLIOGRAFÍA

Agronet. 2009. Área Cosechada, Producción y Rendimiento de Tomate. Minagricultura. (En Línea). Colombia. Consultado 13 May. 2020. Disponible en: <http://www.agronet.gov.co/>

Ardila, G.2011. Estudio del crecimiento de la planta y del fruto de tres híbridos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en tiempo fisiológico, bajo cubierta plástica. (En Línea). Universidad Nacional de Bogotá. Colombia. Consultado 16 de may. 2020. Disponible en: <http://bdigital.unal.edu.co./11126/1/gustavohernanardilara.2011.pdf>.

Arshad M; Rashid A. 1999. Comparación de rendimiento entre dos variedades de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) bajo la influencia de NPK. Pakistan. Journal of Biological Sciences. 635-636 p

CYMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo).1998. La Formulación de Recomendaciones a Partir de Datos Agronómicos. Un manual metodológico de evaluación económica. (En Línea). D.F, México. Consultado: 20 oct. 2019. Disponible en: <https://repository.Cimmyt.org/xm/lu/bitstream/handle/10883/1063/9031.pdf>

FAO (Organizaciones de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura). 2015. Los suelos sanos son la base para la producción de alimentos saludables (En Línea). Perú. Consultado 23 Mar. 2018. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i4405s.pdf>

García, L. 2019. Proceso de reproducción de bacterias fototróficas mediante bio fermentación. Tesis de Ing. Agr. Universidad Técnica de Babahoyo, Los Ríos. Ecuador. 24 p.

Jaramillo J; Rodríguez VP; Guzmán M; Zapata M., Rengifo T. 2007. Manual Técnico Buenas Prácticas Agrícolas. En La producción de Tomate Bajo Condiciones Protegidas. (En Línea). Corpoica Mana Gobernación de Antioquia. Colombia. P 331. Consultado: 21 de feb.2020. Disponible en: <http://a1374s00FAOJARAMILLO.pdf>.

Martínez Argueta, AA; Zelada Guevara, CA; Herrera Martínez, ME. 2005. Creación de un modelo de Sistemas de Información Geográficos (SIG) para una finca, caso Campo Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas. Tesis Ing. Agr. San Salvador, El Salvador. UES 98 p.

Planes-Leyva, M; Utria-Borges, E; Calderón-Agüero, J; Terry-Lamothe, A.; Figueroa-Santana, I.; Loes, A. 2004. La biofertilización como herramienta biotecnológica de la agricultura sostenible. Revista Chapingo. Serie Horticultura 10(1): 5-10.

Salisbury, F.B. y C.W. Ross. 2000. Fisiología de las plantas. Desarrollo de las plantas y fisiología ambiental. Thompson Ediciones, Madrid. 557-564 p.

UES (Universidad de El Salvador). 2008. Tras la búsqueda de un régimen legal que garantice la seguridad alimentaria en El Salvador (En Línea). Consultado 2 may. 2020. Disponible en:
[http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/3514/1/TRASLABUSQUEDA
DEUREGIMENLEGALQUE%20GARANTICELASEGURIDADALIMENTARIAEN
ELSALVADOR.pdf](http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/3514/1/TRASLABUSQUEDA%20DEUREGIMENLEGALQUE%20GARANTICELASEGURIDADALIMENTARIAENELSALVADOR.pdf)

